

特開 2000-233186

(21)Application number : 11-033455 (71)Applicant : EBARA CORP

(22)Date of filing : 10.02.1999 (72)Inventor : NISHIMURA TATSUYA  
SERIKAWA ROBELT MASAHIRO  
SO KEISEN  
ISAKA MASAHIRO

(11)Publication number : 2000-233186

(43)Date of publication of application : 29.08.2000

**(54) HYDROTHERMAL ELECTROLYSIS APPARATUS**

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To treat a large amount of wastewater with high efficiency in such a way that a chamber is defined in reaction rooms and a pair of electrodes are so equipped that their total area exposed to the chamber per cubic meter of the chamber volume is set at least a specified value.

**SOLUTION:** A reactor 1, an important part of a hydrothermal electrolysis apparatus, is provided with two or more cylindrical rooms 31 in which the electrolysis of a material to be treated, containing water, is carried out at high temperature and high pressure. A reaction room 31 defines a chamber 7 and has a pair of electrodes 31a, 41, each of the reaction rooms 31 has a metal inner-wall 31a acting as the negative electrode and a discharge electrode 41 acting as the positive electrode is placed in each of the inner parts of the reaction rooms 31. The total area of a pair of electrodes 31a and 41, exposed to the chamber per cubic meter of the chamber 7 in the reactor room 31 is 0.05 m<sup>2</sup> or more, preferably at least about 0.1 m<sup>2</sup>, and further more preferably at least 0.2 m<sup>2</sup>. This constitution enables a rapid hydrothermal electrolysis.

**[Claim(s)]**

**[Claim 1]** The total surface area of the above-mentioned electrode of the pair which it is the hydrothermal electrolyzer equipped with the reaction chamber for electrolyzing the processed material containing water and the reducibility matter under elevated-temperature high pressure, and the above-mentioned reaction chamber demarcates a chamber, and has the electrode of a pair, and is put to the above-mentioned chamber per three volume of 1m of the chamber in the

above-mentioned reaction chamber is hydrothermal electrolyzer characterized by 0.05m being two or more.

[Claim 2] Hydrothermal electrolyzer according to claim 1 which has the inlet which introduces a processed material caudad, and the exhaust port which discharges a processing object to the upper part.

[Claim 3] It is the hydrothermal electrolyzer according to claim 1 by which the above-mentioned reaction chamber has the reaction chamber of the shape of two or more cartridge, each of said reaction chamber has the metal wall which acts as cathode, and the anode plate is arranged inside [ each ] said reaction chamber.

[Claim 4] The 1st electrode which has the 1st connection member with which the electrode of said pair connects the 1st two or more side attachment walls which have the shape of a concentric circle cartridge, and said 1st side attachment wall of each other, So that it may have the 2nd electrode which has the 2nd two or more side attachment walls which have the shape of a concentric circle cartridge, and the 2nd connection member which connects said 2nd side attachment wall of each other and the passage of a processed material may be formed between said 1st side attachment wall and said 2nd side attachment wall Hydrothermal electrolyzer according to claim 1 by which said 1st side attachment wall of said 1st electrode and said 2nd side attachment wall of said 2nd electrode are arranged by turns.

[Claim 5] Hydrothermal electrolyzer which has high pressure pumping and has further processed material Rhine which supplies a processed material to said reaction chamber, oxidizer Rhine which supplies an oxidizer to said reaction chamber, and discharge Rhine which discharges a processing object from said reaction chamber.

[Claim 6] The purification approach of a processed material characterized by to have the process which introduces the processed material which has water and the reducibility matter into the reaction chamber of the hydrothermal electrolyzer given in any of claims 1-5 they are, the process which supplies a bottom direct current of the pressure to which the water in said processed material maintains 100 degrees C or more of liquid phase at the temperature below the critical temperature of said processed material among said reaction chamber, and the process which discharges a processing object from said reaction chamber.

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-233186

(P2000-233186A)

(43) 公開日 平成12年8月29日 (2000.8.29)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マ-ト (参考)

C 0 2 F 1/461

C 0 2 F 1/46

1 0 1 C 4 D 0 5 0

B 0 1 J 3/00

B 0 1 J 3/00

A 4 D 0 6 1

C 0 2 F 1/46

Z A B

C 0 2 F 1/46

Z A B 4 K 0 2 1

1/72

1/72

B

1/74

1 0 1

1/74

1 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平11-33455

(22) 出願日

平成11年2月10日 (1999.2.10)

(71) 出願人 000000239

株式会社荏原製作所

東京都大田区羽田旭町11番1号

(72) 発明者 西村 達也

神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株

式会社荏原総合研究所内

(72) 発明者 芹川ロベルト正浩

神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株

式会社荏原総合研究所内

(74) 代理人 100089705

弁理士 社本 一夫 (外5名)

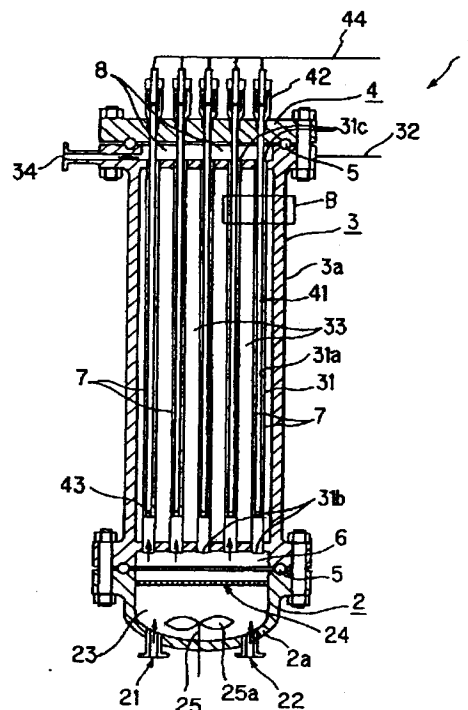
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 水熱電気分解装置

(57) 【要約】

【解決課題】 大量の廃液を効率よく処理できる水熱電気分解装置を提供する。

【解決手段】 水熱電気分解装置は、被処理物を高温高圧下で電気分解するための反応室31を備える。反応室31は、一对の電極31a、41を有する。一对の電極31a、41の総表面積は、被処理物の体積1m<sup>3</sup>当たり0.05m<sup>2</sup>以上である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 水及び還元性物質を含有する被処理物を高温高压下で電気分解するための反応室を備えた水熱電気分解装置であって、

上記反応室は、チャンバーを画定し、かつ、一對の電極を有し、上記反応室中のチャンバーの体積  $1\text{ m}^3$  あたりの上記チャンバーに曝される一對の上記電極の総表面積は、 $0.05\text{ m}^2$  以上であることを特徴とする水熱電気分解装置。

【請求項 2】 下方に被処理物を導入する導入口と、上方に処理物を排出する排出口とを有する請求項 1 記載の水熱電気分解装置。

【請求項 3】 上記反応室は、2 以上の筒形状の反応室を有し、前記反応室の各々は陰極として作用する金属製の内壁を有し、前記反応室の各々の内部に、陽極が配置されている請求項 1 に記載の水熱電気分解装置。

【請求項 4】 前記一對の電極が、同心円筒形状を有する 2 以上の第 1 側壁と、前記第 1 側壁を互いに連結する第 1 連結部材とを有する第 1 電極と、

同心円筒形状を有する 2 以上の第 2 側壁と、前記第 2 側壁を互いに連結する第 2 連結部材とを有する第 2 電極と、

を有して、前記第 1 側壁と前記第 2 側壁との間に被処理物の流路を形成するように、前記第 1 電極の前記第 1 側壁と前記第 2 電極の前記第 2 側壁とが交互に配置されている請求項 1 に記載の水熱電気分解装置。

【請求項 5】 高压ポンプを有し、前記反応室に被処理物を供給する被処理物ラインと、前記反応室に酸化剤を供給する酸化剤ラインと、前記反応室から処理物を排出する排出ラインと、を更に有する水熱電気分解装置。

【請求項 6】 水と還元性物質とを有する被処理物を請求項 1～5 の何れかに記載の水熱電気分解装置の反応室に導入する工程と、

前記反応室中、 $100^\circ\text{C}$  以上前記被処理物の臨界温度以下の温度にて、前記被処理物中の水が液相を維持する圧力の下直流電流を供給する工程と、

前記反応室から処理物を排出する工程と、を有することを特徴とする、被処理物の浄化方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、水熱反応と電気分解とを同時に行う装置及び方法に関する。本明細書において、水熱反応と電気分解とを同時に行うことを水熱電気分解という。本発明では、有機物（合成高分子を含む）、アンモニア等の還元性物質を含有する被処理物、例えば、有機性排水、ハロゲン化物イオンを含む各種産業廃液等を大量、且つ連続的に処理することができ

る。

## 【0002】

【従来の技術及び発明の解決しようとする課題】 1998 年 8 月 10 日に出願された国際出願、PCT/J P 98/03544 号には、水熱電気分解方法及び装置が記載されている。水熱反応と電気分解とを同時に行うことにより、有機物（合成高分子を含む）、アンモニア等の還元性物質を効果的に酸化分解することができる。また、被処理物中に酸化剤が含まれる場合、ハロゲン化物イオン等の強酸イオンが含まれる場合などには、水熱電気分解において、水素の発生を抑制することができる。国際出願、PCT/J P 98/03544 号の全ての開示は、本明細書に援用される。

【0003】 水熱電気分解では、高压が求められるため、反応容器は典型的には密閉されている。そこで、水熱電気分解により廃液を浄化する場合には、バッチ処理又はバッチ処理を繰り返す準連続処理により廃液の処理を行うことがあった。

【0004】 しかし、バッチ処理や準連続処理では、一回に少量の廃液しか処理できず、大量の廃液を処理することが困難であった。例えば、バッチ処理の場合には廃液の供給と処理液の交換をその都度おこなう必要がある。しかし、高温高压で反応を行うためには、フランジ等のボルト締め作業も労力と注意を必要とする。また、運転時間やランニングコストの面で効率的でない。

【0005】 一方、連続的に大量の廃液を処理する場合には、廃液の量に対応して大量の電力を供給することが求められる。また、電極の材質に依存して、許容電流密度には限界があることを考慮すると、数百～千アンペアの直流電流を通電することが困難となる場合がある。また反応容器が大きくなるにつれて、電極の表面で均一に電力を供給し、反応を均一に進行することも困難になる。

【0006】 したがって、本発明の目的は、大量の廃液を効率良く処理することも可能な水熱電気分解装置を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明者らは、上述の課題を解決すべく検討した結果、高压容器内で電極の表面積を増大させることにより、大量の廃液を効率良く処理できることを見出した。

【0008】 本発明の一側面によれば、水及び還元性物質を含有する被処理物を高温高压下で電気分解するための反応室を備えた水熱電気分解装置であって、上記反応室は、チャンバーを画定し、かつ、一對の電極を有し、上記反応室中のチャンバーの体積  $1\text{ m}^3$  あたりの上記チャンバーに曝される一對の上記電極の総表面積は、 $0.05\text{ m}^2$  以上であることを特徴とする水熱電気分解装置が提供される。

【0009】 本発明において、下方に被処理物を導入す

る導入口と、上方に処理物を排出する排出口とを有することが好ましい。これにより、被処理物の連続処理が容易になる。

【0010】また、上記反応室は、2以上の筒形状の反応室を有し、前記反応室の各々は陰極として作用する金属製の内壁を有し、前記反応室の各々の内部に、陽極が配置されていることが好ましい。陽極及び陰極が前記の一对の電極を構成することができる。

【0011】あるいは、前記一对の電極が、同心円筒形状を有する2以上の第1側壁と、前記第1側壁を互いに連結する第1連結部材とを有する第1電極と、同心円筒形状を有する2以上の第2側壁と、前記第2側壁を互いに連結する第2連結部材とを有する第2電極と、を有して、前記第1側壁と前記第2側壁との間に被処理物の流路を形成するように、前記第1電極の前記第1側壁と前記第2電極の前記第2側壁とが交互に配置されていることが好ましい。

【0012】高压ポンプを有し、前記反応室に被処理物を供給する被処理物ラインと、前記反応室に酸化剤を供給する酸化剤ラインと、前記反応室から処理物を排出する排出ラインと、を更に有することが好ましい。

【0013】本発明の他の側面によれば、水と還元性物質とを有する被処理物を上記水熱電気分解装置の反応室に導入する工程と、前記反応室中、100℃以上前記被処理物の臨界温度以下の温度にて、前記被処理物中の水が液相を維持する圧力の下直流電流を供給する工程と、前記反応室から処理物を排出する工程と、を有することを特徴とする、浄化した水の製造方法が提供される。この浄化した水を他のプロセスに再利用してもよいし、放流してもよい。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好ましい一実施形態について、図面を参照しつつ詳細に説明する。

【0015】図1は、第1の実施形態の水熱電気分解装置の要部である反応容器1の内部構造を示す長手方向断面図であり、図2は、反応容器の内部構造を示す幅方向断面図である。図3は、図1のBの拡大断面図である。図4は、図2のCの拡大断面図である。なお、図4は、スペーサ43が配置されている部分の断面を示す。

【0016】本実施形態の水熱電気分解装置は、図1～4に示すように、水を含有する被処理物を高温高压下で電気分解するための反応室31を備えている。反応室31は、チャンパー7を画定し、かつ、一对の電極31a、41を有する。即ち、反応室31の内面が電極31aとして作用する。反応室31中のチャンパー7の体積1m<sup>3</sup>あたりのチャンパーに曝される一对の電極31a、41の総表面積は、0.05m<sup>2</sup>以上であり、好ましくは0.1m<sup>2</sup>以上であり、更に好ましくは、0.2m<sup>2</sup>以上である。

【0017】一对の電極31a、41の総表面積が0.

0.5m<sup>2</sup>未満であると、十分な電力を被処理物に供給することができず、迅速に水熱電気分解を行うことができない。

【0018】本発明の第1の実施形態では、反応室31は、2以上の筒形状の反応室31を有する。反応室31の各々は陰極として作用する金属製の内壁31aを有し、前記反応室31の各々の内部に、陽極として作用する放電電極41が配置されている。

【0019】本発明の第1の実施形態は反応容器1を有する。そして、反応容器1は、容器下方部2と容器中間部3と容器上方部4とからなる。容器下方部2には、被処理物を導入する導入口21、酸化剤を導入する酸化剤導入口22、及び導入口21から導入された被処理物と酸化剤導入口22から導入された酸化剤とを混合する混合室23が設けられている。容器中間部3には、酸化剤と混合された被処理物を加圧・加熱状態で電気分解する反応室31が設けられている。

【0020】容器上方部4には、各々の反応室31に対応した電流導入端子42が設けられている。電流導入端子42は、反応容器1と絶縁するための絶縁部材を有することが好ましい。各々の電流導入端子42には、放電電極41が設けられており、放電電極41は更に反応室31の内部にまで伸びている。

【0021】容器下方部2、容器中間部3及び容器上方部4は、それぞれ、ガスケット5を介して内部を密封して、連結されている。これにより、反応容器1全体が耐圧容器となされている。

【0022】導入口21及び酸化剤導入口22は、それぞれ、容器下方部2の下面側の壁部2aに一つ設けられている。導入口21は、供給物ラインに連結されており、酸化剤導入口22は酸化剤ラインに連結されている。

【0023】混合室23は、抵抗板24で仕切られており、内部に攪拌機25が設置されている。抵抗板24は、被処理物の流れを乱すことにより混合するものであり、公知のものを特に制限なく用いることができる。また、攪拌機25は、混合を促進するために用いられるものであり、攪拌羽25aを有する通常のもので、モーター（図示せず）に連結されている。

【0024】容器下方部2と容器中間部3との連結部分には、混合室23で酸化剤と混合された被処理物を反応室31にスムーズに導入するための導入室6が設けられている。容器中間部3の壁部3aは、マイナスライン32に接続されており、マイナスライン32は、直流定電流電圧電源のマイナス端子（図示せず）に接続されている。

【0025】また、反応室31を形成する筒状体は、容器中間部3の壁部3aと導通している。例えば、ステンレス鋼製の容器中間部3にステンレス鋼製の筒状体が溶接されていてよい。これにより、反応室31の内面3

1 a 全面が陰極となされている。尚、反応室 3 1 は、容器中間部 3 と一体成形しても良いし、また、別体として成形し嵌め込むなどして一体化しても良い。このように、反応室 3 1 の内面 3 1 a がマイナス電極として作用するため、電気分解による腐食が防止される。

【0026】放電電極 4 1 は、反応室 3 1 の内径よりも径の細い棒状体であり、各反応室 3 1 に一つずつ挿入されるように所定位置に配置されている。もともと、放電電極は、メッシュ又は網を円筒形状に形成したものでもよいし、軸方向に中空部が形成されている円筒形状であってもよい。

【0027】本発明では、陽極と陰極との距離が均等であることが好ましい。この距離にばらつきがある場合には、距離が短い部分に局部的に過大な電流が流れ、その部分の陽極の劣化が促進されるからである。本実施形態では、反応室 3 1 の内壁 3 1 a が、円筒形状を有することが好ましい。また、放電電極 4 1 の外周面も円筒形状を有し、放電電極 4 1 の中心軸が反応室 3 1 の内壁 3 1 a の中心軸と実質的に一致することが好ましい。

【0028】また、放電電極 4 1 の先端には、反応室 3 1 の内面と接触しないように絶縁スペーサ 4 3 が設置されている。絶縁スペーサ 4 3 は、放電電極 4 1 の外表面の形状と反応室 3 1 の内面の形状に合致するように形成されていることが好ましい。また、絶縁スペーサ 4 3 には、被処理物が通過するように、貫通孔が形成されていることが好ましい。

【0029】電流導入端子 4 2 は、プラスライン 4 4 に接続されており、プラスライン 4 4 は別途設置の直流定電流電源のプラス端子（図示せず）に接続されている。すなわち放電電極 4 1 は陽極となる。

【0030】そして、反応室 3 1 の内面と放電電極 4 1 との間にチャンバー 7 が形成されており、チャンバー 7 は、容器中間部 3 と容器上方部 4 との連結部分に形成された排出流路 8 に連通されている。排出流路 8 は、容器中間部 4 の上端側に設けられた、処理終了後の被処理物を反応容器 1 から排出する排出口 3 4 に連通されている。

【0031】すなわち、本実施形態の水熱電気分解装置において、反応容器は、その下方に被処理物を導入する導入口を有し、且つその上方に処理物を排出する排出口を有する。これにより、処理物を連続的に水熱電気分解することが容易になる。また、反応容器は、複数の棒状の放電電極を備えており、また、これと同数の反応室を有する。

【0032】本明細書において、「反応室中のチャンバーの体積」には、反応室 3 1 中の放電電極 4 1 の体積は含まれず、被処理物が、高温、高圧で電気分解される部分の体積を意味する。具体的には、本実施形態においては、反応室 3 1 内において、電極 3 1 a、4 1 間に位置するチャンバー 7 の体積を意味する。

【0033】本実施形態において、「チャンバーに曝される一対の電極の総表面積」とは、チャンバー 7 に曝される電極 3 1 a の表面積と、放電電極 4 1 の表面積との合計になる。放電電極 4 1 の面積であっても、チャンバー 7 に曝されていない部分、例えば、容器上方部 4 の内部の表面積、排出流路 8 に曝されている部分の表面積は含まれない。これらの部分は、被処理物の電気分解に関与していないからである。

【0034】また、各部材の形成材料は、容器中間部 3 及び反応室 3 1 の形成材料として導電性の素材を用いること、及び反応容器全体が耐熱・耐圧性の材料からなる必要がある点を除いて任意である。容器中間部 3 及び反応室 3 1 の形成材料としては、例えば、ステンレス鋼が用いられる。また、反応室 3 1 が多層構造を有して、最も内側の層がステンレス鋼等の導電性材料であり、その他の層がセラミックスであってもよい。

【0035】本実施形態の水熱電気分解装置は、次のように使用することができる。被処理物を、その臨界温度以下の温度まで昇温した後、導入口 2 1 から導入する。これと同時に、酸化剤導入口 2 2 から、酸素溶存水のような酸化剤を導入し、混合室 2 3 内で混合させる。酸化剤と混合された被処理物は、順次導入される被処理物及び酸化剤の圧力により上方に押し出され、反応室 3 1 の下方開口 3 1 b から反応室 3 1 内に導入される。反応室 3 1 内に導入された被処理物には、チャンバー 7 を移動する間に水熱反応及び電気分解による酸化反応とが生じ、被処理物中の還元性物質が分解する。処理された被処理物は、反応室 3 1 の上方開口 3 1 c から排出流路 8 に導入され、排出口 3 4 より排出される。排出された処理後の被処理物は、公知の処理方法と同様に、各種タンクなどに導入される。本実施形態の装置では、これらの一連の反応処理は連続して行うことができる。

【0036】本実施形態の水熱電気分解装置によれば、上述の如く、反応容器が特定の面積の電極を有するので、処理能力が増加されると共に均一反応を促進させることができるので、被処理物の大量処理が可能である。また、本実施形態のように、反応容器を下方に導入口を有し且つ上方に排出口を有するものを用いて連続処理を行っても、上記電極が上述の特定の面積を有することから、大量の被処理物を連続的に処理することが可能である。また、電流導入端子の取り付けが容易で、作業性が良いという利点も奏する。

【0037】したがって、本発明の装置は、水熱電気分解反応の効率を高め、投入エネルギーを有効に利用し、さらに装置の小型化をも図ることができるものである。次に、本発明の第 2 の実施形態について図 5～8 を参照しつつ説明する。ここで、図 5 は、第 2 の実施形態の水熱電気分解装置の要部である反応容器の内部構造を示す長手方向断面図であり、図 6 は、反応容器の内部構造を示す幅方向断面図である。図 7 は、図 5 の E の拡大断面

図である。図 8 は、図 6 の F の拡大断面図である。図 9 は、図 5 の G の拡大断面図である。尚、以下の説明においては、上述の第 1 の実施形態と異なる点を特に詳述する。特に説明しない点については上述の第 1 の実施形態における説明が適宜適用される。

【0038】図 5 及び図 6 に示す第 2 の実施形態では、容器下方部 2 は、被処理物を供給する導入口 2 1 がその下面中央に設けられており、導入口 2 1 には容器下方部 2 から容器中間部 3 の上方に伸びるパイプ 2 6 が連結されている。被処理物は、所望により、酸化剤とあらかじめ混合機（図示せず）で混合されている。また、被処理物は、100℃以上、臨界温度以下の温度まで予め昇温されていることが好ましい。

【0039】容器中間部 3 には、陽極 3 5 a と、陰極 3 5 b とが配置されている。陽極 3 5 a は、同心円筒形状を有する 2 以上の側壁 3 7 a と、側壁 3 7 a を互いに連結する連結部材 3 6 a とを有する。同様に、陰極 3 5 b は、同心円筒形状を有する 2 以上の側壁 3 7 b と、側壁 3 7 b を互いに連結する連結部材 3 6 b とを有する。そして、側壁 3 7 a と側壁 3 7 b との間に被処理物の流路を形成するように、陽極 3 5 a の側壁 3 7 a と陰極 3 5 b の側壁 3 7 b とが交互に配置されている。

【0040】パイプ 2 6 が連結部材 3 6 b と電氣的に接続し、陰極 3 5 b として作用することが好ましい。パイプ 2 6 及び反応容器本体のカソード防食ができるからである。

【0041】連結部材 3 6 a、3 6 b は、何れも円盤状で導電性である。連結部材 3 6 a は、陽極 3 5 a を電流導入端子 4 2 に固定する。一方、連結部材 3 6 b は、陰極 3 5 b を容器下方部 2 に固定する。

【0042】すなわち、本実施形態の水熱電気分解装置においては、同心円筒状に連続した反応流路を有している。さらに、反応流路は、反応容器の中心から外周に向けて連続して配置されており、被処理物が、反応容器の中心から外周に向けて流れるようになされている。容器上方部 4 では、複数の電流導入端子 4 2 が設置されている。尚、図 9 に示すように、容器上方部 4 と電流導入端子 4 2 は絶縁体 4 2 a により電氣的に絶縁されている。

【0043】本実施形態では、「反応室中のチャンバーの体積」は、容器中間部 3 中にて、被処理物が、水熱電気分解される部分の体積を意味する。「反応室中のチャンバーの体積」には、陽極 3 5 a の体積、陰極 3 5 b の体積、パイプ 2 6 が画定する体積は含まれない。

【0044】パイプ 2 6 が陰極として作用する場合には、パイプ 2 6 の径方向に外側の流路はチャンバーに含まれる。これに対して、パイプ 2 6 が導電性ではなく電極として作用しない場合には、パイプ 2 6 の径方向に外側の流路はチャンバーに含まれない。

【0045】本実施形態の装置では、被処理物は、導入口 2 1 から導入され、パイプ 2 6 を介して反応容器の上

部に移送され、次いで、その外側において、反応容器の下部から上部に移送され、次いで、その更に外側で下部から上部に移送される。このようにして、反応容器の中心から外側に順次、移送されていく。この過程において、被処理物中の還元性物質が水熱電気分解により酸化分解される。処理された被処理物は、排出口 3 4 から反応容器 1 の外部に排出される。

【0046】本実施形態の装置においては、第 1 の実施形態と同じ効果が奏される他、反応流路を長くとることができる、電気分解の効率を向上させることができる。このため、濃度の低い被処理物の処理も効果的に行うことができる、という利点を奏するものである。

【0047】なお、本発明の水熱電気分解装置は、上述の実施形態に制限されず本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々種変更が可能である。例えば、第 1 の実施形態においては、混合室に攪拌機を設けたものを例示して説明したが、第 2 の実施形態に示すように、そもそも混合室を設けることは必ずしも必要でない。また、混合室では、被処理物と酸化剤等とが混合すればよく、攪拌機を設けることは必ずしも必要ではないし、同様に、抵抗板を設けることも必ずしも必要ではない。

【0048】図 2 及び図 3 の代わりに、図 10 及び図 11 に示す実施態様であってもよい。即ち、容器中間部 3 の内部であって、反応室 3 1 の外側に断熱材 3 9 を充填してもよい。

【0049】あるいは、断熱材を設ける代わりに、容器中間部 3 にポートを設け、真空ポンプにて内部を減圧し真空断熱できるようにして、保温してもよい。あるいは、図 12 に示すように、容器中間部 3 の外周面に加熱ヒータ 4 5 を設置して温度を保つようにしてもよい。更に、図 12 に示すように、容器中間部 3 にポート 4 6 及びポート 4 7 を設けてもよい。これにより、ポート 4 6 から容器中間部 3 の内部に熱媒体を流し、容器中間部 3 の内部を直接、熱媒体で加熱することにより温度を一定に保つことができる。熱媒体はポート 4 7 から排出される。なお、熱媒体は加熱のみではなく、冷却のために用いてもよい。

【0050】特に、第 2 の実施形態においては、容器の周面に近づくにつれて被処理物の温度が低下することも考えられるが、このような場合に、図 12 と同様に、容器中間部 3 の外周面に加熱ヒーターを設置することが有用である。

【0051】なお、本発明に用いる部材の材料、条件等について更に述べる。放電電極又は陽極の表面が、ルテニウム、イリジウム、白金、パラジウム、ロジウム、錫若しくはこれらの酸化物又はフェライトを有することが好ましい。例えば、放電電極そのものがこれらの物質で構成されていてもよい。あるいは、放電電極の基材の表面がこれらの物質で被覆されていてもよい。

【0052】ルテニウム、イリジウム、白金、パラジウ

ム、ロジウム、錫は、金属元素そのものであってもよいし、酸化物であってもよい。また、これらの金属の合金も好適に用いられる。合金としては、例えば、白金-イリジウム、ルテニウム-錫、ルテニウム-チタンなどが挙げられる。上記した金属等は、耐食性に優れており、陽極として用いる場合に優れた不溶性を示す。実施態様によっては、特に、パラジウム、ルテニウム、白金とイリジウムとの合金を主成分とするものが好ましい。

【0053】電気分解の際には、陽極の表面の電流密度は、 $0.1 \text{ mA/dm}^2 \sim 500 \text{ A/dm}^2$ であることが好ましい。電流密度が $500 \text{ A/dm}^2$ より高い場合には、陽極の表面が剥離したり、溶出し易くなる。一方、電流密度が $0.1 \text{ mA/dm}^2$ より低い場合には、陽極の面積を大きくする必要があり、装置が大型化する。電流密度は、 $10 \text{ mA/dm}^2 \sim 100 \text{ A/dm}^2$ であることが更に好ましく、 $100 \text{ mA/dm}^2 \sim 50 \text{ A/dm}^2$ であることが更に好ましい。なお、陽極の新材料が開発された場合などには、陽極の電流密度を更に高くすることもできる。

【0054】被処理物は、水及び還元性物質を含有する。従って、各種廃液中の還元性物質を酸化分解することができる。本発明で分解できる有機物としては、アルカン、アルケン、アルキン等の脂肪族炭化水素及び芳香族炭化水素；アルコール；アルデヒド；ケトン；アミン；酢酸等のカルボン酸；エステル、アミド、酸無水物等のカルボン酸誘導体；ハロゲン化炭化水素；フェノール類；スルホキサイド、メルカプトン、チオール、ポリスルホン等の含硫黄有機化合物；等が挙げられる。有機物には、合成高分子も含まれる。

【0055】被処理物は、流動性があることが好ましく、懸濁液、乳化液、水溶液、スラリーの何れでもよい。被処理物には、液体又は固体の還元性物質が混合していてもよい。被処理物には、非沈降性の固体粒子が水に分散している懸濁液、液体粒子が水に分散している乳化液、液体の有機物又は無機物が溶存している水溶液、又は、これらの混合物が含まれる。例えば、被処理物は、水、液体有機物、溶解塩類とを含有する連続相と、粒子等の固体有機物とを含有する分散相とを含有し、更に、灰など不燃性固体を含有してもよい。

【0056】被処理物には、強酸イオンが含有していることが好ましい。強酸イオンは、無機酸イオンであってもよいし、有機酸イオンであってもよい。もっとも、強酸は無機酸イオンであることが好ましい。有機酸イオンは、水熱電気分解が進行するにつれて、分解する場合があるからである。

【0057】無機強酸イオンとしては、例えば、ハロゲン化物イオン、硫酸イオン ( $\text{SO}_4^{2-}$ )、硝酸イオン ( $\text{NO}_3^-$ )、リン酸イオン ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) が挙げられる。有機強酸イオンとしては、例えば、トリフルオロ酢酸イオン ( $\text{CF}_3\text{COO}^-$ ) 等が挙げられる。

【0058】ハロゲン化物イオンとしては、塩化物イオン ( $\text{Cl}^-$ )、臭化物イオン ( $\text{Br}^-$ )、ヨウ化物イオン ( $\text{I}^-$ )、又は、これらの任意の組み合わせが挙げられ、塩化物イオン又は臭化物イオンがイオンが特に好ましい。ハロゲン化物イオンを生成する塩が被処理物に溶解していてもよい。また、塩化水素 ( $\text{HCl}$ )、臭化水素 ( $\text{HBr}$ )、ヨウ化水素 ( $\text{HI}$ ) 等の酸が被処理物に含まれていてもよい。被処理物にポリ塩化ビニルが含まれているときには、水熱反応が進行するにつれて、塩化物イオンが水相に移動し、塩化物イオンが含まれるようになる。

【0059】酸化剤としては、酸素ガス、オゾンガス、過酸化水素、次亜ハロゲン酸が好ましく、酸素ガスが更に好ましい。酸素ガスとしては、酸素ガスを含有する気体を用いてもよく、例えば、空気が好適に用いられる。即ち、空気を水等に吹き込み、酸素を溶存させ、この酸素溶存水を酸化剤として、酸化剤導入孔 22 から導入することができる。

【0060】図 13 では、反応容器 1 に、被処理物を供給するための被処理物ライン 60 が接続する。被処理物ライン 60 は、供給タンク 61、高圧ポンプ 66、熱交換器 70、及び、加熱装置 74 を有することが好ましく、被処理物はこの順序に移動することができる。反応容器 1 としては、第 1 の実施態様の反応容器、第 2 の実施態様の反応容器等を用いることができる。

【0061】供給タンク 61 は被処理物を保持することができる。供給タンク 61 には、供給タンク 61 に排水を導入する排水ライン 62 及び供給タンク 61 に塩化物イオン ( $\text{Cl}^-$ ) 等のハロゲン化物イオン源を供給するハロゲン化物ライン 63 が接続している。このハロゲン化物イオン源としては海水を用いてもよい。ハロゲン化物ライン 63 は、塩化物イオン等のハロゲン化物イオンを供給タンク 61 に供給して、供給タンク 61 に保持されている被処理物のハロゲン化物イオン濃度を調整することができる。

【0062】供給タンク 61 は、ライン 64 を介して、高圧ポンプ 66 に接続し、被処理物を移送させることができる。ライン 64 には水道水を供給するための水道水ライン 68 が接続していることが好ましい。図 13 の水熱電気分解装置を始動させる場合又は停止させる場合には、還元性物質が実質的に含まれていない水道水を一時的に流すことができるからである。

【0063】高圧ポンプ 66 は、被処理物を水熱反応で求められる圧力にまで加圧し、この圧力により被処理物を熱交換器 70、加熱装置 74 を介して、反応容器 1 に送り込む。

【0064】被処理物ライン 60 は、熱交換器 70 を有することが好ましい。熱交換器 70 は被処理物ライン 60 及び排出ライン 100 に接続し、熱交換器 70 は、被処理物ライン 60 を流れる被処理物と排出ライン 100



を流れる処理液ととの間の熱交換を行う。高圧ポンプ 66 で加圧された被処理物は、室温であることが多い。一方、反応容器 1 から排出される処理液は水熱反応を経て、高温に保たれている。そこで、熱交換器 70 により、被処理物ライン 60 を流れる被処理物を加熱する一方、排出ライン 100 を流れる処理液を冷却する。なお、熱交換器が設けられていない場合であっても、熱効率が低下するのに留まる。

【0065】被処理物ライン 60 は、熱交換器 70 で加温された被処理物を更に加熱するための加熱装置 74 を有することが好ましい。反応容器 1 の外側から反応容器 1 の内部の被処理物 52 を加熱する場合には、反応容器 1 の直径が大きい場合、特に効率が悪い。加熱装置 74 は、例えば、水熱反応で求められる温度にまで被処理物を加熱する。なお、被処理物の加熱は、反応容器 1 においての還元性物質の酸化反応による発熱及び電気分解による発熱することも考慮して温度を設定する。また、反応容器 1 の外側を加熱するための加熱装置を更に設けてもよい。

【0066】被処理物ライン 60 と別個に、酸化剤ライン 80 を設けることが好ましい。酸化剤としては、例えば、酸素ガスを含有する気体、例えば、空気が用いられる。例えば、酸化剤ライン 60 のコンプレッサ 86 により、直接、高圧の空気を反応容器 50 に導入してもよい。

【0067】あるいは、酸素ガスが溶解した水等の液体を反応容器 50 に導入してもよい。酸素ガス（空気として添加する場合を含む。）のようなガス形態の酸化剤は、温度が低いほど、又は、圧力が高いほど、水への溶解度が高い。従って、高圧下において、温度が低い又は室温の水にガス形態の酸化剤を溶解させ、次いで、この冷水を反応容器に供給してもよい。あるいは、過酸化水素水、次亜塩素酸又は固体の酸化剤を水に溶解させ、高圧ポンプ等により反応容器に供給しても良い。なお、水分を多く含む酸化剤を入れる場合には、高圧ポンプ 88 と反応容器 1 の間に別の加熱器を設けてもよい。

【0068】酸化剤ライン 80 は、反応容器 1 に直接、接続するのが好ましい。酸化剤ライン 80 が被処理物ライン 60 に接続した場合には、加熱装置 74 と反応容器 50 との間のライン 76 が腐食され易くなるからである。一方、酸化剤が反応容器 50 に直接、導入される場合において、反応容器 1 の内壁が電気分解の陰極として作用するときには、反応容器 50 の内壁の腐食を防止することができる。

【0069】反応容器 1 としては、上記した第 1 の実施形態又は第 2 の実施形態の反応容器を用いることができる。反応容器 1 は、軸方向に長い筒形状を有することが好ましく、円筒形状を有することが好ましい。直流電源 94 の正極端子 96 及び負極端子 97 は、それぞれ、ライン 98、99 を介して、陽極及び陰極に接続される。

【0070】図 13 では、反応容器 1 に、水熱電気分解された被処理物を排出するための排出ライン 100 が接続している。排出ライン 100 は、熱交換器 70 と、気液分離器 102 と、処理水タンク 110 とを有することが好ましく、反応容器 50 で水熱分解された処理水が、この順序で移送され得る。熱交換器 70 については既に説明してある。

【0071】排出ライン 100 に、気液分離器 102 が接続していることが好ましい。気液分離器 102 は、処理水中の気体と液体とを分離する。気液分離器 102 の内部では、一定のレベル 104 にまで処理水が保持されている。このレベル 104 の上部の空間と、このレベル 104 の下部の処理水との間で導圧管を設け、この導圧管に、気液界面又はスラリーレベルを定めるためのレベル検出器を設けてもよい。レベル検出機構 106 は、気体と液体との差圧でレベル 104 を測定し、処理水の排出量は、このレベル 104 が一定ないし一定の範囲になるように行ってもよい。なお、気液分離器 102 において、レベル 104 の上部と下部との各々に、圧力を電気信号に変換する圧電素子を設け、この電気信号がレベル検出器に入力されることにより、差圧を検出してもよい。

【0072】気液分離器 102 は、気液分離器 102 の内部の被処理物のレベルを一定の範囲に定めるレベル調節機構 106 を有することが好ましい。かかるレベル調節機構は、ガスと被処理物の圧力の差を検出するためのレベル検出器、被処理物を排出するための弁、レベル検出器からの信号で弁を制御する制御器を有してもよい。レベル調節機構は、導圧管を有してもよいし、又は、圧電素子を有してもよい。

【0073】気液分離器 102 には、弁 108 が接続していて、弁 108 が開放した際に、気液分離器 102 の内部の処理水を容器 110 に放出することができる。レベル調節機構 106 からの信号により、弁 108 の開閉を制御することが好ましい。

【0074】気液分離器 102 は、気液分離器の内部の圧力を一定の範囲に調節する圧力調節機構を有してもよい。かかる圧力調節機構は、例えば、気相の圧力を検出するための圧力検出器、ガスを排出するための弁、圧力検出器からの信号で弁を制御する制御器を有してもよい。圧力調節機構は、例えば、被処理物が液相を保持する圧力以上であって、反応容器 1 及び気液分離器 102 を安全に運転できる圧力以下の圧力に調節する。圧力検出器は、圧電素子を有していてもよい。

【0075】気液分離器 102 には、弁 109 が接続していて、弁 109 が開放した際に、気液分離器 102 の内部の気体を大気放出することができる。図示していない圧力調節機構からの信号により、弁 109 の開閉を制御することが好ましい。

【0076】次に、図 13 の水熱電気分解装置を用いる

水熱電気分解方法を説明する。まず、始動時の説明をする。反応容器 1 には未だ液体は導入されていないものとする。まず、室温、大気圧中、水道水ライン 6 8 より、被処理物ライン 6 0 に水道水を導入する。そして、高圧ポンプ 6 6 により、水道水を熱交換器 7 0、加熱装置 7 6、次いで、反応容器 5 0 に導入する。水道水が加熱装置 7 4 に導入された後に、加熱装置 7 4 を始動し、水道水を加熱する。そして、加熱された水道水を反応容器 1 から排出ライン 1 0 0 に排出し、気液分離器 1 0 2 を経て、容器 1 1 0 に排出する。

【0077】システムが安定した後に、水道水ラインから被処理物ライン 6 0 への水道水の供給を停止するとともに、供給タンク 6 1 から被処理物ライン 6 0 への被処理物の供給を開始する。被処理物のハロゲン化物イオン濃度等は、予め、ハロゲン化物ライン 6 3 等により調整する。加熱装置 7 4 で被処理物の加熱を継続しつつ、被処理物を反応容器 1 に導入する。また、酸化剤ライン 8 0 より、酸化剤を反応容器 1 に導入する。

【0078】被処理物及び酸化剤が反応容器 1 に導入された後に、電気分解を開始する。即ち、直流電源 9 4 のスイッチをオンにし、陽極及び陰極として作用する反応室 3 1 に直流電流を供給する。高温、高圧下、液相に維持されている被処理物が反応容器 5 0 の内部を移動し、この移動の際に水熱反応と電気分解とが同時に進行する。水熱反応及び電気分解に伴って、熱が発生するので、加熱装置 7 4 による加熱する温度を適宜、低下させる。

【0079】反応時間は、被処理物中の還元性物質が酸化分解されるのに十分な時間とする。例えば、1 秒～4 8 時間であり、1 分～2 4 時間が好ましい。また、反応時間は、5 時間以下が更に好ましく、2 時間以下が更に好ましい。反応時間は、反応容器 1 の体積と被処理物の移動速度により調整する。

【0080】反応を停止する場合には、供給タンク 6 1 から被処理物ライン 6 0 への流入を停止し、水道水ラインから水道水を被処理物ライン 6 0 に導入する。また、酸化剤ライン 8 0 から酸化剤を反応容器 5 0 に導入することを停止する。次いで、直流電源のスイッチをオフにして、電気分解を停止する。次いで、加熱装置 7 4 の出力を低下させ、反応容器 5 0 に流入する被処理物の温度を徐々に低下させる。

#### 【0081】

【発明の効果】本発明の水熱電気分解装置は、大量の廃液を効率良く処理でき、さらには連続的に処理することもできる。本発明の水熱電気分解装置は、連続処理に好

適に用いられるが、バッチ処理、準連続処理にも適用することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】図 1 は、第 1 の実施形態の水熱電気分解装置の要部である反応容器の内部構造を示す長手方向断面図である。

【図 2】図 2 は、反応容器の内部構造を示す横断面図である。

【図 3】図 3 は、図 1 の B の拡大断面図である。

10 【図 4】図 4 は、図 2 の C の拡大断面図である。

【図 5】図 5 は、第 2 の実施形態の水熱電気分解装置の要部である反応容器の内部構造を示す長手方向断面図である。

【図 6】図 6 は、反応容器の内部構造を示す横断面図である。

【図 7】図 7 は、図 5 の E の拡大断面図である。

【図 8】図 8 は、図 6 の F の拡大断面図である。

【図 9】図 9 は、図 5 の G の拡大断面図である。

20 【図 10】図 10 は、本発明の第 1 の実施態様の変形例である。

【図 11】図 11 は、本発明の第 1 の実施態様の変形例である。

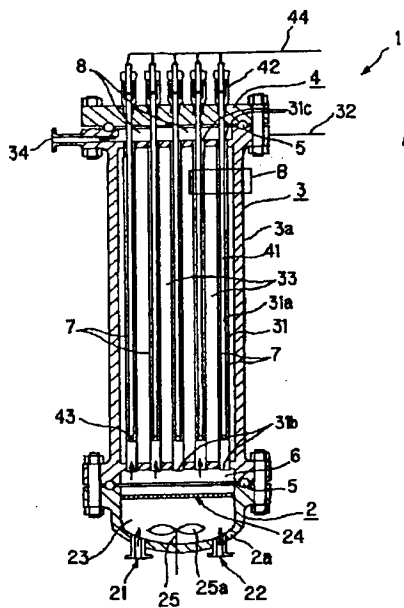
【図 12】図 12 は、本発明の第 1 の実施態様の変形例である。

【図 13】図 13 は、本発明の水熱電気分解装置の説明図である。

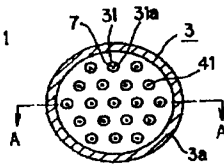
#### 【符号の説明】

1…反応容器、2…容器下方部、2 a…壁部、2 1…導入口、2 2…酸化剤導入口、2 3…混合室、2 4…抵抗板、2 5…攪拌機、2 6…パイプ、3… 容器中間部、3 1…反応室、3 2…マイナスイオンライン、3 4…排出口、3 5 a…陽極、3 5 b…陰極、3 6 a、3 6 b…連結部材、3 7 a、3 7 b…側壁、3 9…断熱材、4…容器上方部、4 1…放電電極、4 2…電流導入端子、4 3…絶縁スペーサー、5…ガスカート、6…導入室、7…チャンバー、8…排出流路、5 0…反応容器、6 0…被処理物ライン、6 1…供給タンク、6 3…ハロゲン化物ライン、6 4…ライン、6 6…高圧ポンプ、6 8…水道水ライン、7 0…熱交換器、7 4…加熱装置、8 0…酸化剤ライン、8 6…コンプレッサ、9 4…直流電源、9 6…正極端子、9 7…負極端子、9 8、9 9…ライン、1 0 0…排出ライン、1 0 2…気液分離器、1 0 4…レベル、1 0 6…レベル検出機構、弁…1 0 8、1 1 0…処理水タンク

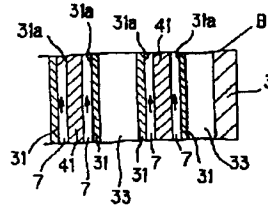
【図1】



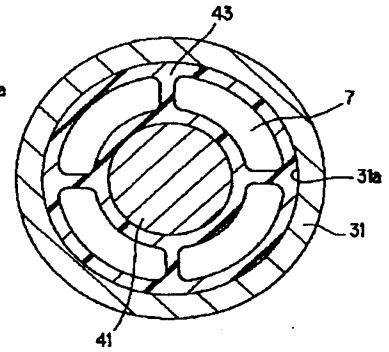
【図2】



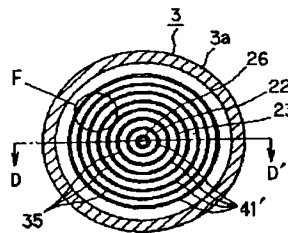
【図3】



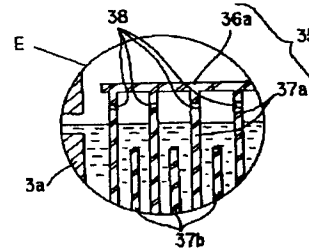
【図4】



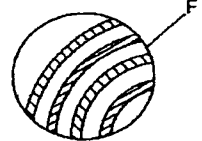
【図6】



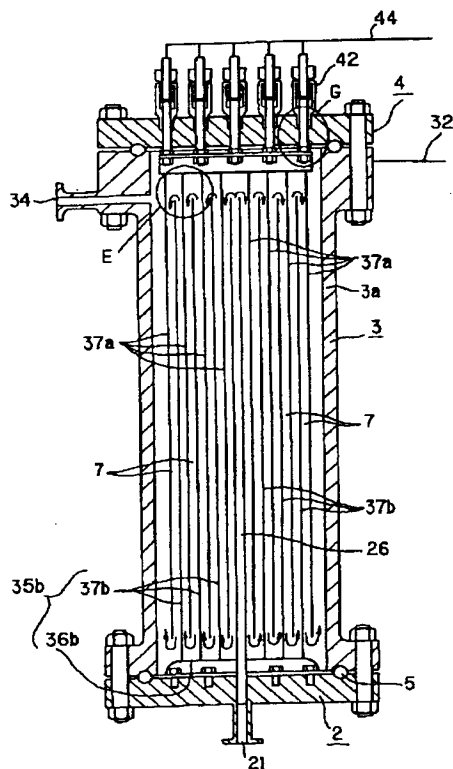
【図7】



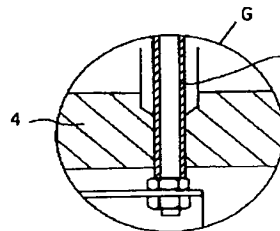
【図8】



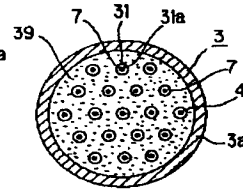
【図5】



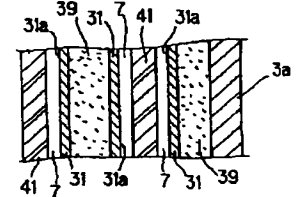
【図9】



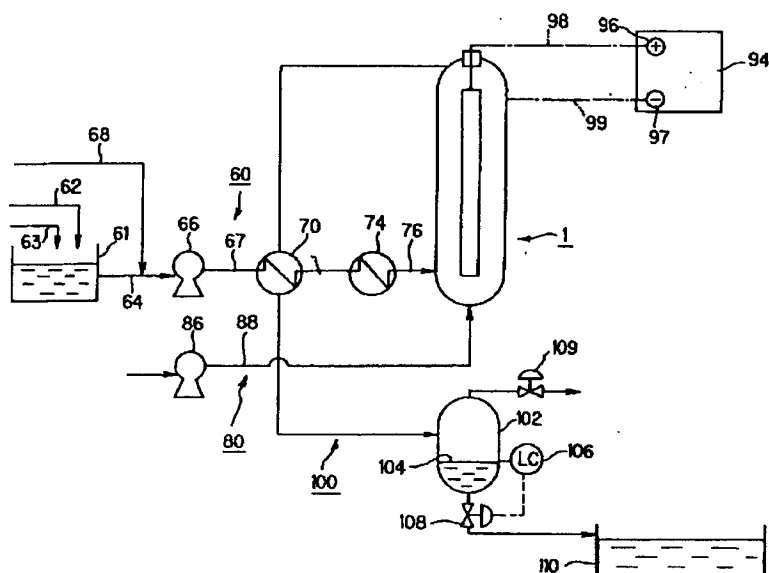
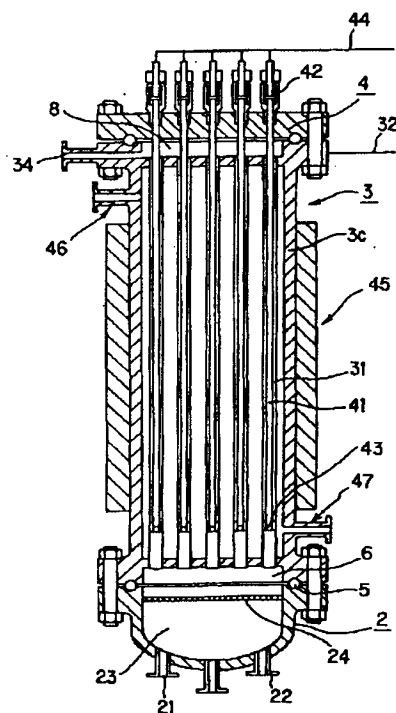
【図10】



【図11】



【图 13】



(51) Int. Cl. <sup>7</sup>  
C 25 B 1/04

F I  
C 2 5 B 1/04

(72) 発明者 蘇 慶 泉  
東京都大田区羽田旭町11番 1 号 株式会社  
荏原製作所内

(72) 発明者 井坂 正洋  
神奈川県藤沢市本藤沢 4 丁目 2 番 1 号 株  
式会社荏原総合研究所内

F ターム (参考)	4D050	AA13	AB12	AB14	AB15	AB16
		AB17	AB18	AB19	AB27	AB35
		AB37	AB40	AB44	AB47	BB01
		BB06	BB09	BC01	BC02	BC10
		BD02	BD08	CA20		
	4D061	DA08	DB19	DC08	DC09	DC15
		EA03	EB19	EB28	EB30	EB31
		EB34	EB35	EB39	ED01	ED20
	4K021	AA01	BA02	BC01	BC04	CA01
		CA02	DA10	DC03		